

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชมรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พลังงานแสงอาทิตย์ กรุงเทพฯ

สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2523

ณิวัฒนา อัสวรักษ์, การศึกษาสมรรถนะของฮีตไปป์ชนิดมีวิกแบบไมโครกรูฟ วิทยานิพนธ์ปริญญา

มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2548

ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ

วารสารโลกพลังงาน 2549: 17-26

ธนศักดิ์ ชุมวิสูตร, การศึกษาและพัฒนาโครงสร้างวิกสำหรับฮีตไปป์ วิทยานิพนธ์ปริญญามหา

บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2546

ธวรรณ มาลาหอม, การทดสอบประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนพลังงาน

แสงอาทิตย์แบบฮีตไปป์ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550

ปรีชา กอบเกื้อชัยพงษ์, การสร้างและทดสอบสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีต

ไปป์ ที่อุณหภูมิต่ำ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533

พรพิมล เพชรวัฒนาและคณะ, มาตรฐานการทดสอบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แบบกลางแจ้งที่

เหมาะสมกับประเทศไทย, วารสารวิจัยพลังงาน 2548: 65-77

พิชัย ตั้งสถาพรพาณิชย์, การสร้างและทดลองสมรรถนะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีตไปป์

และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณออกแบบ วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2529

มานิจ มานะศิลป์, การศึกษาสมรรถนะของฮีตไปป์แบบมีวิกแบบซินเทอร์เมททีเรียล วิทยานิพนธ์

ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2550

วันชัย โกมลภมร, สมรรถนะของฮีตไปป์แบบไหลครบวงจร วิทยานิพนธ์

ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2530

วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล, โครงการการศึกษา ทดสอบ และสร้างโมเดลคณิตศาสตร์สำหรับการทำงาน

ของฮีตไปป์, 2526

สมใจ พิเชียร โสภณ, การศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะและการสร้างแบบจำลองของฮีทไปป์
 วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526
 สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าจากพลังงาน
แสงอาทิตย์ กรุงเทพฯ 2544

ภาษาอังกฤษ

Ammari H.D. ,Mathematical model of thermal performance of a solar air heater
 with slats , Renewable Energy ,28,1597-1615(2003).

Augustus M., and Kuma S., Mathematical modeling and thermal performance
 analysis of unglazed transpired solar collectors ,Solar Energy,81,62-75 (2007).

Cengel Yunus A. ,Heat Transfer a practical approach second edition Mcgraw hill

Chi, S.W. Heat pipe Theory and Practice, United States of America :
 Hemisphere Publishing Corporation.

Cui Haiting .;Wang Zhenhui.;Guo Yanshu.: Xu Weiqiang.; and Yuan Xiugan,
 Thermal performance analysis on unit tube for heat pipe receiver, Journal of
Solar Energy 80 (2006) 875-882

Duffie John A., Solar Energy Thermal Processes, A Wiley Interscience Publication
 ,New York,108-177,1974.

Dunn, P.; and Reay,D.A. Heat pipe. Second edition. England: Pergamon press
 Ltd.1978.

Hussein H.M.S .;El-Gethany.;and Nada S.A. Performance of wickless heat pipe flat
 plate solar collectors.having different pipes cross sections geometries and
 filling ratios, Journal of Energy conversion and management 47 (2006) 1539-
 1549.

Hussein H.M.S ., Theoretical and experimental investigation of wickless heat
 pipes flat plate solar collector with cross flow heat exchanger.Journal of
Energy Conversion and Management 48 (2007) 1266-1272.

Kemme, J.E., High performance Heat pipes, Proc. 1967 Thermionic Conversion
 Specialist Conference, Palo Alto, California, October 1967

Ong K.S. Thermal performance of solar air heater Mathematical model
 Solution and procedure, Solar Energy,55(2),93-109 (1995).

Riffat S.B.;Zhao X.;and Doherty P.S.; Developing the theoretical model to
 investigate thermal performance of a thin membrane heat pipe solar
 collector.Journal of applied Thermal engineering 25(2005) 899-915.

Shah L.J.;and Furbo S. Vertical evacuated tubular collector utilizing solar radiation
 from all direction, Applied Energy,78,371-395(2004).

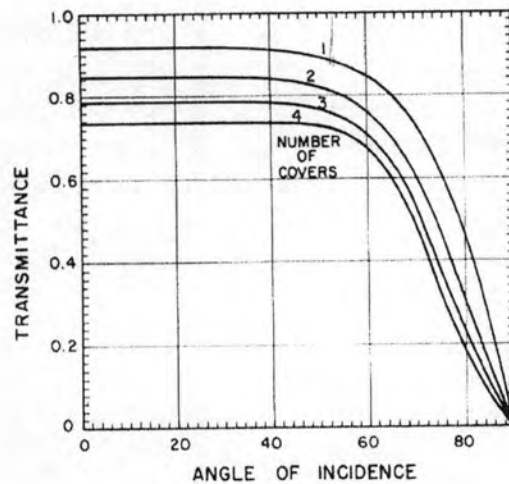
Tiwari G.N., Solar Energy : Fundamental, Design, Modeling and Application, Alpha
 Science International Ltd.,Pangbourne, 94-167,2004.

Wright, P.E., ICICLE Feasibility Study, Final Report, NASA Contract No.NAS5-
 21039, RCA, Camden, New jersey, September 1970

ภาคผนวก

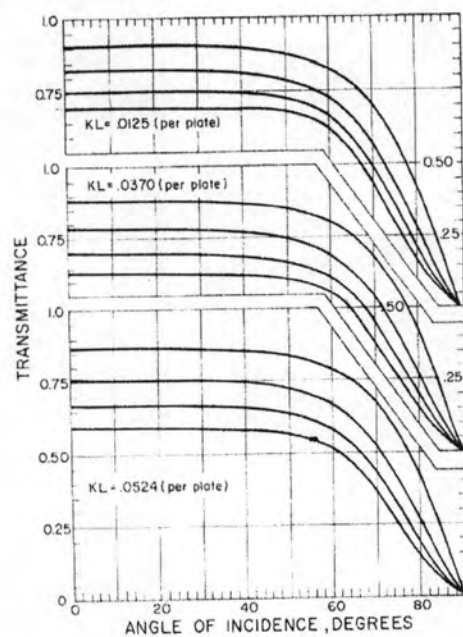
ภาคผนวก ก

กราฟที่ใช้ในงานวิจัย



กราฟ ก-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ρ_d กับ angle of incidence

Fit curve $y = -2E-11x^6 + 4E-09x^5 - 3E-07x^4 + 9E-06x^3 - 0.0001x^2 + 0.0006x + 0.8401$



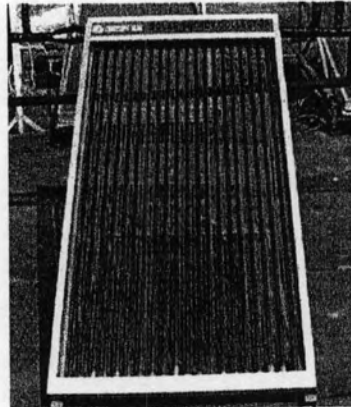
กราฟ ก-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า τ กับ angle of incidence

Fit curve $y = -6E-11x^6 + 1E-08x^5 - 1E-06x^4 + 6E-05x^3 - 0.001x^2 + 0.0062x + 0.8193$

ภาคผนวก ข

ข้อมูลแผงรับแสงอาทิตย์

1. แผง solar heat pipe

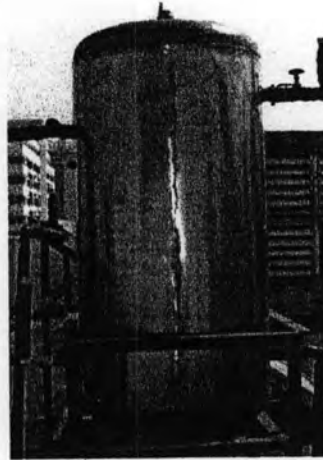


รูปที่ ข-1 แผง solar heat pipe ขนาดของแผง 750 x 1550 x 60 mm

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลของแผง solar heat pipe

รายการ	ส่วนประกอบ	ชนิด/ขนาดและคุณสมบัติ
1	กรอบแผงรับแสงอาทิตย์(Frame)	อลูมิเนียม
2	ท่อภายในแผงรับแสงอาทิตย์ 2.1 ท่อส่วนหัว(Header) 2.2 ท่อรับแสงอาทิตย์(Absorber) 2.2.1 หลอดชั้นนอก 2.2.2 หลอดชั้นกลาง	ทองแดง 20 ท่อ/แผง หลอดแก้วใส ความหนา 1.5 mm เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 28 mm เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 25 mm หลอดแก้วเคลือบพื้นผิวเลือกรังสี ความหนา 1.7 mm เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 18 mm เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 14.6 mm

2. ถังเก็บน้ำร้อน (Storage Tank)



รูปที่ ข-2 ถังเก็บน้ำร้อน ขนาดความจุ 200 ลิตร

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลของถังเก็บน้ำร้อน

รายการ ที่	ส่วนประกอบ	ชนิด/ขนาดและคุณสมบัติ
1	ถังเก็บน้ำร้อน	สแตนเลส เส้นผ่าศูนย์กลาง 800 mm ความสูง 1100 mm หุ้มฉนวน

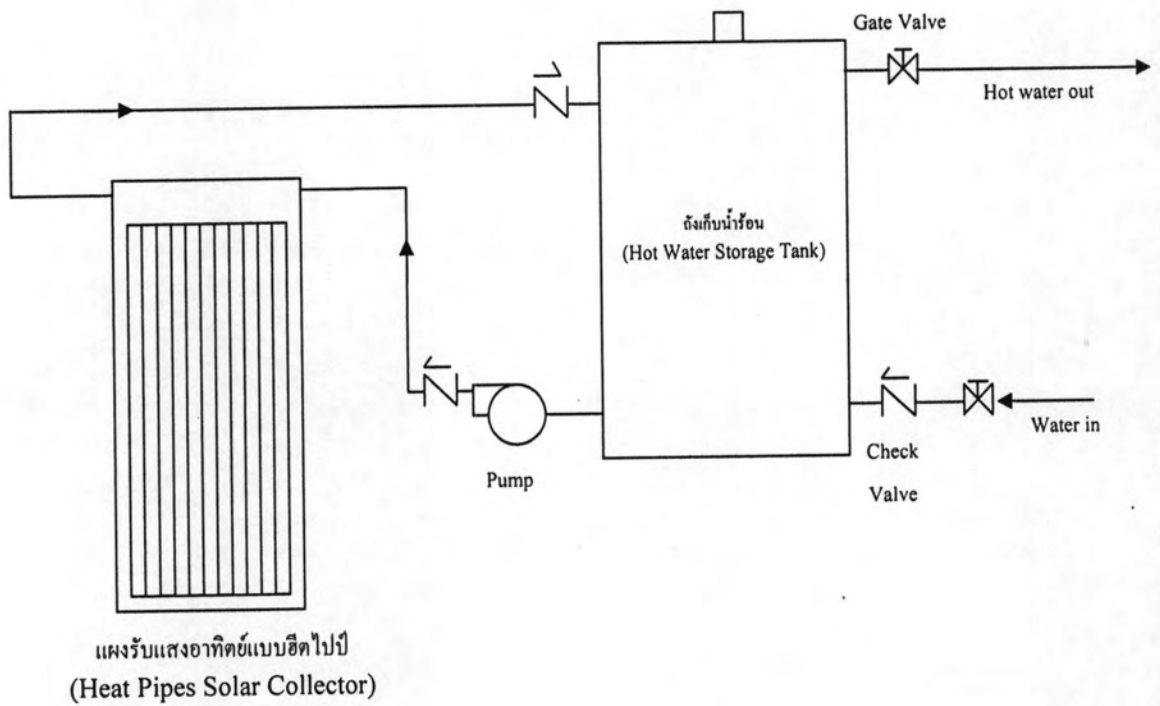
3. ระบบท่อ วาล์ว ป้อนและอุปกรณ์ควบคุม

ประกอบด้วยปั้มน้ำ 1 ตัว, Timer 2 ตัว, Air Vent 2 ตัว, Check Valve 3 ตัว, ท่อน้ำ 1/2 นิ้ว หุ้มด้วยฉนวนและเกตวาล์ว 2 ตัว

หลักการการทำงานของระบบ solar heat pipe

หลักการการทำงานของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ตามรูปที่ ข-3 คือเมื่อน้ำเข้าสู่ระบบจะผ่าน Check Valve แล้วเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน จากนั้นจะไหลเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ด้วยแรงดันจากปั้ม เมื่อน้ำเข้าสู่แผงจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับท่อฮีตไปป์ ทำให้น้ำที่ออกจากแผงมีอุณหภูมิสูงขึ้นกลายเป็นน้ำร้อนไหลออกจากแผงและผ่านเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อนทางด้านบน และระบบจะทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยมีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ ซึ่ง

สั่งงาน โดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิ น้ำ และทางด้านบนของถังมีวาล์วสำหรับเปิดเพื่อที่จะนำ น้ำร้อนออกไปใช้งานได้ตามความต้องการ



รูปที่ ข-3 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบ solar heat pipe

ภาคผนวก ก

ตารางคุณสมบัติสารที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ ก-1 คุณสมบัติของอากาศ

Properties of air at atmospheric pressure (the values of μ , K , C_p and Pr are not strongly pressure-dependent and may be used over a fairly wide range of pressures)

T K	ρ kg/m ³	C_p kJ/ kg K	μ kg/m-sec $\times 10^{-5}$	ν m ² /s $\times 10^{-6}$	K W/mK $\times 10^{-3}$	α m ² /sec $\times 10^{-5}$	Pr
100	3.6010	1.0259	0.6924	1.923	9.239	0.2501	0.770
150	2.3675	1.0092	1.0283	4.343	13.726	0.5745	0.753
200	1.7684	1.0054	1.3289	7.490	18.074	1.017	0.739
250	1.4128	1.0046	1.488	9.49	22.26	1.3161	0.722
300	1.1774	1.0050	1.983	15.63	26.22	2.216	0.708
350	0.9980	1.0083	2.075	20.76	30.00	2.983	0.697
400	0.8826	1.0134	2.286	25.90	33.62	3.760	0.689

ตารางที่ ก-2 คุณสมบัติของฟร็อน

FREON 11

Temp. °C	Latent Heat kJ/kg	Liquid Density kg/m ³	Vapour Density kg/m ³	Liquid Thermal Conduc- tivity W/m°C	Liquid Viscos. cP	Vapour Viscos. cP $\times 10^2$	Vapour Press. Bar	Vapour Specific Heat kJ/kg°C	Liquid Surface Tension N/m $\times 10^2$
-60	211.9	1672	0.04	0.121	1.19	0.86	0.02	0.476	2.95
-40	204.0	1622	0.04	0.115	0.98	0.88	0.05	0.497	2.70
-20	196.8	1578	1.04	0.111	0.70	0.95	0.16	0.516	2.40
0	190.0	1533	2.59	0.108	0.55	1.01	0.42	0.532	2.18
20	183.4	1487	5.38	0.100	0.44	1.08	0.93	0.546	1.92
40	175.6	1439	10.07	0.097	0.37	1.14	1.82	0.561	1.66
60	167.5	1389	16.85	0.094	0.32	1.20	3.14	0.576	1.40
80	159.0	1334	30.56	0.089	0.28	1.25	5.85	0.590	1.14
100	146.9	1265	49.04	0.076	0.25	1.31	9.53	0.607	0.90
120	134.4	1194	67.53	0.064	0.23	1.37	13.21	0.623	0.63
140	117.0	1105	110.66	0.055	0.22	1.49	18.92	0.646	0.37

ตารางที่ ก-3 คุณสมบัติของน้ำ

Properties of water (saturated liquid)

°F	°C	C_p kJ/kg °C	ρ kg/m ³	μ kg/m sec	K W/m C	Pr	$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ m ² /s
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-3}	0.566	13.25	1.79×10^{-6}
40	4.44	4.208	999.8	1.55×10^{-3}	0.575	11.35	1.55×10^{-6}
50	10	4.195	999.2	1.31×10^{-3}	0.585	9.40	1.31×10^{-6}
60	15.56	4.186	998.6	1.12×10^{-3}	0.595	7.88	1.12×10^{-6}
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.604	6.78	9.82×10^{-7}
80	26.67	4.179	995.8	8.6×10^{-4}	0.614	5.85	8.63×10^{-7}
90	32.22	4.174	994.9	7.65×10^{-4}	0.623	5.12	7.69×10^{-7}
100	37.78	4.174	993.0	6.82×10^{-4}	0.630	4.53	6.87×10^{-7}
110	43.33	4.174	990.6	6.16×10^{-4}	0.637	4.04	6.22×10^{-7}
120	48.89	4.174	988.8	5.62×10^{-4}	0.644	3.64	5.68×10^{-7}
130	54.44	4.179	985.7	5.13×10^{-4}	0.649	3.30	5.20×10^{-7}
140	60	4.179	983.3	4.71×10^{-4}	0.654	3.01	4.63×10^{-7}
150	65.55	4.183	980.3	4.3×10^{-4}	0.659	2.73	4.39×10^{-7}
160	71.11	4.186	977.3	4.01×10^{-4}	0.665	2.53	4.10×10^{-7}
170	76.67	4.191	973.7	3.72×10^{-4}	0.668	2.33	3.82×10^{-7}
180	82.22	4.195	970.2	3.47×10^{-4}	0.673	2.16	3.58×10^{-7}
190	87.78	4.199	966.7	3.27×10^{-4}	0.675	2.03	3.38×10^{-7}
200	93.33	4.204	963.2	3.06×10^{-4}	0.678	1.90	3.18×10^{-7}
210	104.4	4.216	955.1	2.67×10^{-4}	0.684	1.66	2.79×10^{-7}

ภาคผนวก ง

ข้อมูลความเข้มแสงและอุณหภูมิ

กราฟ ง-1 อุณหภูมิอากาศในแต่ละเดือนที่เวลาต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร (°C) (ปี พ.ศ.2550)

เดือน	เวลา									เฉลี่ย
	8.00 น.	9.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.	
1	24.7	26.6	28.1	29.7	30.8	31.6	32.1	32.4	32	29.78
2	25.7	27.6	29.1	30.5	31.3	32	32.5	32.6	32.4	30.41
3	29	30.3	31.9	33.1	33.6	34	34.5	34.4	34.2	32.78
4	29.3	30.8	32.3	33.4	34.2	34.4	34.4	34.6	34.6	33.11
5	28.7	29.9	30.9	31.5	32.2	32.3	32.3	32.6	32.3	31.41
6	29.3	29.6	31.8	32.7	33.4	33.7	33.4	33.1	33	32.22
7	28.4	29.5	30.6	31.5	32	31.5	31.3	31.4	31.1	30.81
8	28	29.2	30.3	31.5	32	32.3	32	31.9	31.7	30.99
9	27.6	28.9	30	31.1	31.7	32.2	32.5	32.4	32	30.93
10	27.3	28.6	29.8	30.3	31.3	31.1	31.5	31.6	31.2	30.30
11	25.7	27.3	28.6	29.7	30.6	31	31.4	31.3	30.9	29.61
12	26.4	28	29.8	31.4	32.3	33	33.2	33.1	32.8	31.11

กราฟ ง-2 ความเข้มแสง (beam radiation) หน่วย W/m^2 ในแต่ละเดือนที่เวลาต่าง ๆ ใน กรุงเทพมหานคร (ปี พ.ศ.2550)

เดือน	เวลา									เฉลี่ย
	8.00 น.	9.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.	
1	139.00	247.42	397.54	458.70	497.62	453.14	361.40	247.42	127.88	325.57
2	144.56	278.00	397.54	514.30	566.35	581.13	525.42	380.86	202.94	399.01
3	158.46	283.56	369.74	469.82	564.28	565.15	511.52	369.74	205.72	388.67
4	191.82	314.14	414.22	475.38	500.40	467.04	422.56	322.48	161.24	363.25
5	197.38	266.88	314.14	325.26	341.94	336.38	286.34	183.48	77.84	258.85
6	219.62	336.38	397.54	458.70	453.14	397.54	347.50	233.52	119.54	329.28
7	130.66	236.30	269.66	261.32	258.54	286.34	269.66	155.68	86.18	217.15
8	113.98	208.50	319.70	311.36	280.78	214.06	158.46	127.88	63.94	199.85
9	116.76	216.84	283.56	278.00	311.36	286.34	239.08	152.90	69.50	217.15
10	141.78	214.06	239.08	239.08	230.74	216.84	191.82	100.08	47.26	180.08
11	239.08	366.96	464.26	511.52	458.70	391.98	300.24	164.02	47.26	327.11
12	197.38	347.50	464.26	564.34	562.58	492.06	353.06	233.52	100.08	368.31

กราฟ ง-3 ความเข้มแสง (diffuse radiation) หน่วย W/m^2 ในแต่ละเดือนที่เวลาต่าง ๆ ใน กรุงเทพมหานคร (ปี พ.ศ.2550)

เดือน	เวลา									เฉลี่ย
	8.00 น.	9.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.	
1	113.57	163.43	204.98	218.83	221.60	216.06	196.67	160.66	102.49	177.59
2	138.50	196.67	235.45	249.30	220.50	187.82	182.82	155.12	116.34	186.95
3	166.20	221.60	263.15	285.31	238.79	232.68	216.06	177.28	130.19	214.58
4	160.66	218.83	260.38	263.15	246.53	224.37	216.06	174.51	119.11	209.29
5	141.27	182.82	249.30	268.69	285.31	268.69	235.45	185.59	130.19	216.37
6	188.36	229.91	257.61	285.31	274.23	238.22	199.44	168.97	130.19	219.14
7	188.36	240.99	310.24	324.09	318.55	274.23	235.45	196.67	149.58	248.68
8	160.66	232.68	277.00	332.40	329.63	321.32	263.15	196.67	130.19	249.30
9	166.20	216.06	279.77	313.01	326.86	329.63	257.61	202.21	132.96	247.15
10	166.20	238.22	299.16	315.78	301.93	274.23	235.45	163.43	91.41	231.76
11	141.27	188.36	207.75	232.68	249.30	227.14	191.13	144.04	74.79	184.05
12	116.34	146.81	160.66	166.20	174.51	182.82	171.74	138.50	85.87	149.27

กราฟ ง-4 ความเข้มแสง (total radiation) หน่วย W/m^2 ในแต่ละเดือนที่เวลาต่าง ๆ ที่มุมเอียงของแผง 0 องศา ในกรุงเทพมหานคร (ปี พ.ศ.2550)

เดือน	เวลา									เฉลี่ย
	8.00 น.	9.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.	
1	252.57	410.85	602.52	677.53	719.22	669.20	558.07	408.08	230.37	503.16
2	283.06	474.67	632.99	763.60	786.85	768.95	708.24	535.98	319.28	585.96
3	324.66	505.16	632.89	755.13	803.07	797.83	727.58	547.02	335.91	603.25
4	352.48	532.97	674.60	738.53	746.93	691.41	638.62	496.99	280.35	572.54
5	338.65	449.70	563.44	593.95	627.25	605.07	521.79	369.07	208.03	475.22
6	407.98	566.29	655.15	744.01	727.37	635.76	546.94	402.49	249.73	548.41
7	319.02	477.29	579.90	585.41	577.09	560.57	505.11	352.35	235.76	465.83
8	274.64	441.18	596.70	643.76	610.41	535.38	421.61	324.55	194.13	449.15
9	282.96	432.90	563.33	591.01	638.22	615.97	496.69	355.11	202.46	464.29
10	307.98	452.28	538.24	554.86	532.67	491.07	427.27	263.51	138.67	411.84
11	380.35	555.32	672.01	744.20	708.00	619.12	491.37	308.06	122.05	511.16
12	313.72	494.31	624.92	730.54	737.09	674.88	524.80	372.02	185.95	517.58

กราฟ ง-5 ความเข้มแสง (total radiation) หน่วย W/m^2 ในแต่ละเดือนที่เวลาต่าง ๆ ที่มุมเอียงของ
แผง 15 องศา ในกรุงเทพมหานคร (ปี พ.ศ.2550)

เดือน	เวลา									เฉลี่ย
	8.00 น.	9.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.	
1	294.15	462.65	671.25	749.49	794.93	740.28	620.59	459.87	268.61	562.42
2	309.42	512.14	678.62	817.91	845.02	830	768.11	586.92	356.02	633.80
3	334.77	520.67	651.69	778.08	830.01	825.06	753.09	566.86	348.75	623.22
4	343.16	524.88	668.25	733.48	742.25	686.33	631.97	488.51	272.46	565.70
5	313.99	427.53	543.67	576.56	609.93	587.05	503.79	354.03	198.56	457.23
6	372.92	529.13	620.65	709.36	694.66	605.7	516.69	376.73	230.74	517.40
7	300.25	454.04	559.48	568.46	561.13	541.72	484.43	337.16	223.46	447.79
8	265.22	430.5	584.86	634.65	602.88	529.43	416.17	318.18	188.98	441.21
9	284.91	437.52	570.12	598.14	646.24	623.34	502.49	358.53	203.74	469.45
10	327.5	474.99	560.51	575.73	552.39	509.96	445.12	274.3	145.3	429.53
11	443.48	624.1	744.47	816.98	771.56	675.06	538.42	339.01	134.69	565.31
12	379.76	574.5	712.86	827.14	830.48	759.24	591.84	426.05	219.53	591.27

กราฟ ง-6 ความเข้มแสง (total radiation) หน่วย W/m^2 ในแต่ละเดือนที่เวลาต่าง ๆ ที่มุมเอียงของแผง
30 องศา ในกรุงเทพมหานคร (ปี พ.ศ.2550)

เดือน	เวลา									เฉลี่ย
	8.00 น.	9.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.	
1	325.14	496.85	712.31	789.9	836.47	780.2	658.02	494.04	297.11	598.89
2	326.06	531.35	698.37	838.68	865.99	852.53	792.93	612.09	378.59	655.18
3	335.61	519.24	648.33	772.6	822.13	817.36	746.96	563.89	348.98	619.46
4	323.81	499.56	638.69	701.42	708.88	654.49	601.33	462.02	256.03	538.47
5	279.88	391.74	507.67	542.23	574.76	551.46	471.07	330.02	185.85	426.08
6	328.06	475.44	565.87	650.88	638.25	554.93	468.55	339.54	206.6	469.79
7	276.02	419.52	526.02	538.84	532.57	508.46	450.23	314.8	207.74	419.36
8	250.54	409.34	556.11	609.32	580.9	512.95	403.18	305.75	181.15	423.25
9	280.71	429.99	560.96	589.87	636.84	614.89	494.98	353.73	201.57	462.62
10	338.14	484.64	568.63	582.67	558.67	516.13	451.59	279.34	149.2	436.56
11	488.6	666.97	784.93	855.01	804.35	704.69	565.16	358.77	144.08	596.95
12	429.99	628.92	767.42	883.68	884.18	808.91	633.83	463.01	245.27	638.36

กราฟ ง-7 ความเข้มแสง (total radiation) หน่วย W/m^2 ในแต่ละเดือนที่เวลาต่าง ๆ ที่มุมเอียงของแผง
45 องศา ในกรุงเทพมหานคร (ปี พ.ศ.2550)

เดือน	เวลา									เฉลี่ย
	8.00 น.	9.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.	
1	343.44	511.13	722.9	796.01	841.01	786.24	667.81	508.28	313.91	610.08
2	331.84	530.98	690.88	824.49	848.33	835	780.99	609.77	385.48	648.64
3	327.12	500.97	623.03	739.05	779.97	775.25	709.61	538.29	336.6	592.21
4	295.74	458.74	587.96	644.52	649.1	598.04	548.78	419.32	232.19	492.71
5	238.62	344.78	457.91	493.31	524.15	500.72	425.84	298.69	170.76	383.86
6	276.47	408.87	494.54	572.56	561.99	486.91	405.8	293.48	178.96	408.84
7	248	376.09	481.81	498.58	493.36	463.06	404.83	286.78	189.66	382.46
8	231.61	379.15	512.4	569.51	545.95	487.05	383.51	288.09	171.17	396.49
9	270.62	410.84	536.47	566.75	610.67	591.2	474.68	341.01	196.11	444.26
10	339.15	480.58	562.06	575.2	551.09	509.16	446.24	278.27	150.11	432.43
11	512.65	681.01	790.64	855.7	804.14	706	569.75	365.99	149.58	603.94
12	460.98	653.85	784.9	896.3	894.55	820.52	647.91	480.4	261.41	655.65

กราฟ ง-8 ความเข้มแสง (total radiation) หน่วย W/m^2 ในแต่ละเดือนที่เวลาต่าง ๆ ที่มุมเอียงของแผง
60 องศา ในกรุงเทพมหานคร (ปี พ.ศ.2550)

เดือน	เวลา									เฉลี่ย
	8.00 น.	9.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.	
1	347.79	504.52	702.31	767.4	808.24	757.97	649.3	501.61	317.87	595.22
2	326.38	511.06	656.67	776.3	793.25	778.61	733.11	580.12	376.19	614.63
3	309.87	467.11	577.52	679.73	706.4	701.6	643.58	491.82	312.43	543.34
4	260.86	405.2	519.5	566.66	566.97	520.85	477.91	363.33	202.54	431.54
5	193.04	289.85	397.77	433.13	461.53	438.29	371.19	262.17	154.33	333.48
6	221.65	333.97	411.54	479.74	471.08	406.27	332.71	241.68	149.69	338.70
7	218.08	326.7	429.86	450.42	446.16	408.61	351.33	255.03	170.45	339.63
8	209.72	341.99	456.72	517.93	500.41	453.51	358.52	266.41	159.71	362.77
9	255.35	381.36	498.33	530.38	569.51	553.88	442.98	321.26	187.73	415.64
10	330.47	463.09	541.24	553.83	530.16	489.53	429.45	271.17	147.97	417.43
11	513.98	665.26	761.21	819.01	770.94	678.89	551.89	360.19	150.81	585.80
12	470.63	647.59	764.09	864.15	860.86	793.27	633.11	477.02	266.85	641.95

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : นายวรเดช มโนสร้อย

วันเดือนปีเกิด : วันที่ 24 ตุลาคม พ.ศ.2526

สถานที่เกิด : อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติการศึกษา:

- ระดับอนุบาล: Unserer Liebenfrau Kindergarten ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน/
โรงเรียนอนุบาลสวนน้อย จังหวัดเชียงใหม่
- ระดับประถมศึกษา/มัธยมศึกษา: โรงเรียนมงฟอร์ตวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่
- ระดับปริญญาตรี: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมการบินและอวกาศยาน)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ปีการศึกษา 2548)

ประวัติการฝึกงาน:

- ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ.2547 (3 เดือน) ด้าน Thermal Engineering
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศ.ดร.ทงเกียรติ
เกียรติศิริโรจน์)
- ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ.2548 (3 เดือน) ด้าน Nanotechnology (วัสดุกัน
ความร้อนยานอวกาศ TiB₂) Department of Pure and Applied Chemistry, Tokyo
University of Science, Chiba ประเทศญี่ปุ่น (Prof. Dr. Masahiko Abe)
- เดือนเมษายน พ.ศ.2549 (1 เดือน) ด้านการใช้ Finite Element Software 'LSDYNA'
Department of Mechanical Engineering, University of Lille, Lille ประเทศฝรั่งเศส
(Prof. Dr. M. Souli)

การเสนอผลงานทางวิชาการ:

- เสนอผลงานวิจัยด้วยวาจาและตีพิมพ์บทความ proceeding เรื่อง “การสร้างแบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ของระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงรับแสงแบบยึดไปป์”ในการ
ประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 4 ระหว่างวันที่ 14-16
พฤษภาคม 2551 ณ โรงแรมโรสการ์เด็น ริเวอร์ไซด์ สวนสามพราน จังหวัดนครปฐม

ทุนที่ได้รับ:

- ทุนการศึกษาระดับปริญญาโทปีการศึกษา 2549-2550 จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและทุนวิจัยวิทยานิพนธ์จากสถาบันวิจัยพลังงาน
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและบริษัทบีเอ็นดีบีกรุ๊ปจำกัด